

災害発生とその予兆を捉える 環境情報収集装置の構築

佐藤 新二¹ ・ 富田 健司²

^{1,2}正会員 財団法人 鉄道総合技術研究所 (〒185 東京都国分寺市光町2-8-38)

環境情報収集装置は, UrEDAS の地震情報をもとに被害推定を行うHERAS の補助的なシステムとして開発したものである. 本装置が目的とするところは, 観測地点の災害とその予兆を捉えることであり, 観測地点の気象状況, 観測対象の変状に関するデータを種々のセンサにより自動的に収集し, データベース化する機能を有している. ここでは, 観測対象別に構築した環境情報収集装置の概要と現状を述べるとともに新たに開発したいくつかのセンサを紹介する.

Key Words : Sensing Around and Tele-Link Terminal, SATeLLiTe

1. はじめに

本システムの正式名称を環境情報収集装置, SATeLLiTe(Sensing Around and Tele-Link Terminal)という. 災害の発生しやすい場所や変状が進行中の場所に各種センサを駆使した本システムを設置して, 災害の発生メカニズムを解明しようとするものである. 本システムは, 観測地点の気象状況, 観測対象の状態に関するデータを収集する各種センサとデータ収集装置, データを伝送するモデム, 電源装置から構成されている. データ収集は中央のホストコンピュータがタイムスケジュールに沿って自動的に収集を行っている. 全体として, データを収集するデータアダプタ(クライアント)と, データを集中管理するサテライトセンタ(サーバ)で構成されており, データはデータベース化して管理がなされている.

環境情報収集装置(以下「サテライト」)は, 現在までに全国 12カ所に設置されている. サテライトの観測対象は, 斜面災害・橋脚転倒・盛土崩壊・落石災害の4つに分類される. 以下各システムの構成と特徴について述べるとともに, 新たに開発したセンサを紹介する.

2. 各観測対象のシステム構成

2.1. 斜面災害監視システム

地滑りの現象およびその前兆を把握することが目的で

ある. さらに地滑りとその直下にある土被りの少ないトンネルの覆工に歪計を設置して, 地滑り量とトンネル変状の関係を結びつけるデータの収集を行う.

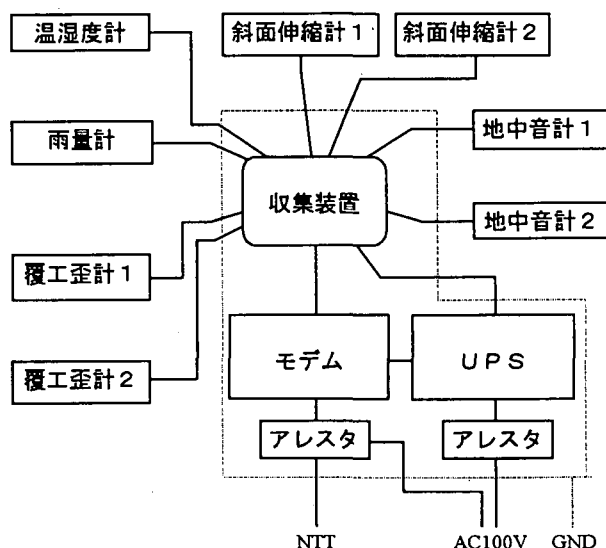


図1 斜面災害監視システム構成図

設置後の状況

斜面災害は主にワイヤー式伸縮計とGPSによる計測の2種類で監視している. 斜面の監視はワイヤー式伸縮計が最も一般的であるが, 着目点の絶対座標の変化を捉えることができるGPSを利用した観測点も設けた. 斜面災害は主に雨によってもたらされたり被害が拡大し

たりするので、雨量計と地中音計(このセンサについては後程説明する)のデータも合わせて収集し、複合的に検討を行っている。

システムを稼働した後何回か雷と電源ノイズの関係でトラブルに見舞われたことがあった。無人観測設備は落雷対策と良好な電源の確保が不可欠である。

2.2. 橋脚転倒監視システム

河川の増水が橋脚の挙動にどのような影響を与えているかを常時微動レベルで観測するシステム。水位計(後程説明する)、橋脚のロッキング振動を捉えるための常時微動計ならびに雨量計から構成される。橋脚の上流側、下流側で水位が異なるので、水位計を両方に設置した。

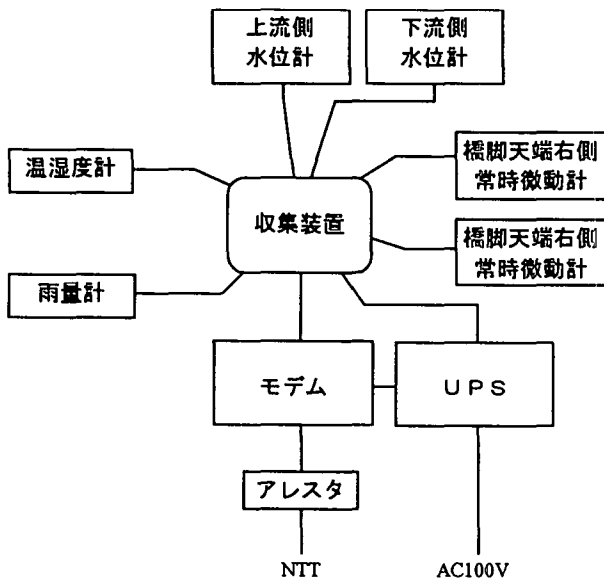


図2 橋脚転倒監視システム構成図

設置後の状況

顕著な増水に見舞われていないために、高水時の橋脚の挙動を議論するのに十分な事例は今のところ得られていないが、橋脚の状態を監視する手法として橋脚天端左右2ヵ所で同時測定する常時微動が有効であることは確認できた。基礎部が洗掘された橋脚は安定性が低下しており、高水時だけでなく地震時も不安が残るため、この監視システムは有効である。

2.3. 盛土崩壊監視システム

土構造物の変状を監視するシステムである。主に雨量

計・地中音計・土圧計によってデータ収集を行う。盛土被害は主に地震や降雨によって引き起こされ、両者が複合したときに被害が拡大することが多い。

設置後の状況

設置してまだ間もない頃、大雨により観測対象の盛土が崩壊した。センサの設置位置から10mほど離れたところが崩壊したが、センサで崩壊時の諸データを捉えることはできなかった。よほど大きな被害でない限り、少々離れた場所の被害を捉えるのは難しいのかもしれない。現在崩壊した場所は水抜きのパイプが設置されている。

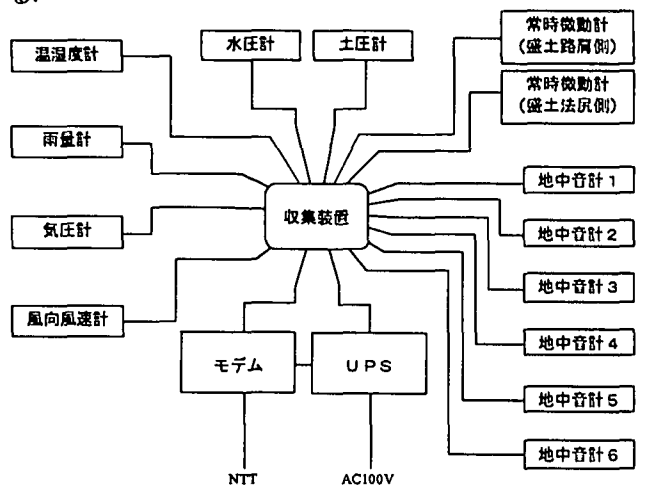


図3 盛土崩壊監視システム構成図

2.4. 落石災害監視システム

地震被害や降雨被害として発生する落石をあらかじめ把握しておくことは非常に難しい。仮にそのような現場を把握できたとしても、その石がどのようなプロセスで落石まで至るのかいまだに十分解明されていない。

本監視システムは地震動と落石、雨と落石の関係に絞って測定を行っている。落石に至りそうな石の挙動は、常時微動を測定することによりモニタリングを行っている。このような石は、大体収集装置が設置困難な場所にあるため、センサ部と本体部を別体としデータ通信にスペクトル拡散通信(Spread Spectrum Transform)を使用して、ワイヤレス化を図った。スペクトル拡散通信は原波形を周波数帯域ごとにバラバラにし、拡散符号をつけて送信する手法である。

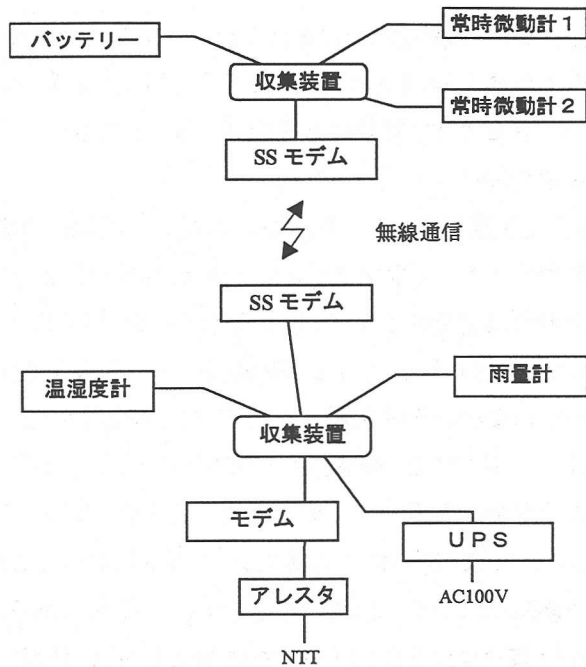


図4 落石災害監視システム構成図

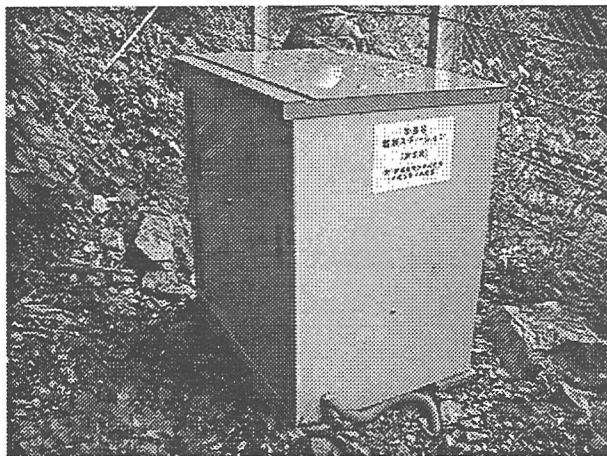


図5 観測ハット

3. 新しいセンサの開発

本システムで使用している各種センサのうち、地中音計と水位計は新しく開発したものである。これらについて概要を述べる。

3.1. 地中音計

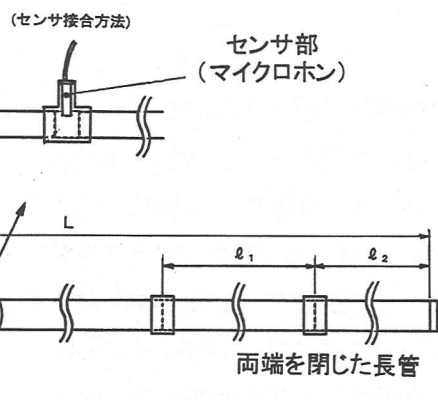


図6 地中音センサ A

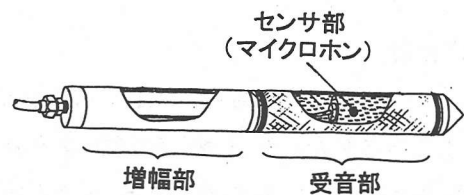


図7 地中音センサ B

斜面や盛土など土構造物の崩壊の一要因となっているのは地下水である。特に地下水の流れを的確に捉えることができれば、災害の発生する場所をある程度推定することができる。地下水の流れが変わることによって生じる地中の小さな変化を音として捉えようという目的で開発したものである。それは図6に示す通り長管にいくつかの小型のマイクロホンを設置したタイプの地中音計である。地中に変化が生じて長管付近で音が発生した場合、真近のマイクロホンのレベルが大きくなることを利用して位置を特定するというしくみである。

しかし、地中変状の音は非常に小さく、管の内部を伝わる途中で減衰してしまうことが確認された。そこで図7に示すようなタイプに変更された。これは短管の内部にオイルを充填させたものである。これにより地中で生じた微弱な音も極端に減衰することなくマイクロホンで測定することが可能となった。

なお、長管を利用した地中音計では、地震時に発生した「音」を捉えている。これは地震動そのもの、あるいは地鳴りで管内の空気が振動するためと考えられる。全ての地震動で観測されている訳ではないので、地震動の性質と長管の物理的特性との関係を調べる必要がある。

3.2. 水位計

通常、水位を測定する場合、水圧で求める方法と超音波で求める方法がある。しかし超音波は気温の影響で計測精度が変化する可能性がある。また水圧で求める方法は、常時測定に耐えられるセンサが少ないのが現状である。これらの問題を解決するために、新しい水位計を開発した。

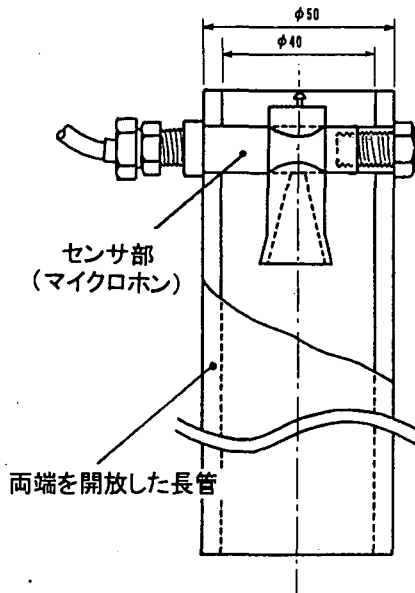


図8 水位計

この水位計のしくみは、橋脚等に設置した管に水面が接した場合、管の内部に水位に応じた気柱ができて、まわりの音が共鳴する。この音の高低で管の内部のどの辺まで水位が来ているのかを計算して求めようとするものである。この方法は設置が容易な上、耐候性にも優れている。

4. おわりに

環境情報収集装置「サテライト」は、UrEDAS, HERASの補助的なシステムとして開発がスタートした。しかし、いずれの観測地点もセンサ(観測対象)と観測ハット(本体収納部)が離れているため、センサ及びケーブルがアンテナのような働きをして、落雷や電磁波ノイズを拾ってしまうという問題を抱えてしまった。システムそのものがダウンしてしまうという深刻な状況に発展することもあったため、この対策にかなりの時間を費やすこととなった。

一部ワイヤレス通信になった観測地点もある。この問題は全ての無人観測システムに共通する問題である。全ての問題に対して有効な方策を見出すことは難しいのも事実である。

地上で生活している以上、地震・台風(大雨)などの広範囲な災害や、ダウンバースト・土砂崩れ・洪水などの局地的な災害を受けることは、ある意味においては避けられないと思われる。しかし、被災前に的確に災害を受けやすい場所を常時監視することにより、被害を軽減することは可能である。複合災害の原因となるもの、あるいは複合災害の発生そのものを捉える技術を付加することによって、より優れた地震防災システムを構築することができる。本システムはその中心となるべきものである。今後は蓄積された観測データを詳細に分析し、各種要因と変状の進行との関連づけを行って、地震時の複合災害の本質に迫りたいと考えている。

なお、本研究は運輸省の補助金をもとに「鉄道の安全性のさらなる向上に関する技術開発」の一環として進められている。